ENSMAC

Chimie et bioingénierie

École / Prépa
ENSMAC

Niveau d'étude
Bac + 5

ECTS
12 crédits

Présentation

Code interne : PC9MSCBI

Description

La spécialisation de 3ème année d'ingénieur « Chimie et Bio-Ingénierie », commune à l'ENSTBB et à l'ENSMAC permet aux élèves ingénieurs d'acquérir de nouvelles compétences à l'interface chimie/biologie. Cette spécialisation permet d'explorer de vastes domaines applicatifs (chimie, santé, environnement, énergie et matériaux). L'ingénieur issu de cette formation sera en capacité d'appréhender des problématiques scientifiques et techniques aux interfaces de la chimie, de la biologie et de la pharmacie.

La spécialisation se décline selon 2 modules : le premier concerne l'usine cellulaire (production de protéines recombinantes, biomimétisme, ingénierie métabolique, ...) et approfondit les concepts de catalyses enzymatiques et bio-inspirées ; le second module pose les concepts de la chimie verte et concerne les ressources en carbone renouvelable (biomasse) et leurs utilisations (bio-raffinerie, polymères bio-sourcés, ...).

Heures d'enseignement

TP	Travaux Pratiques	18h
PRJ	Projet	110h
CM	Cours Magistraux	137h

Pré-requis obligatoires

Modules d'ouverture conseillés « Sciences, techniques, communication et éthique » ou « Big Data »

Syllabus

Module 1 : Usine cellulaire (76h – 5 semaines)

1. Production de protéines recombinantes (8h)

- Introduction – Principes généraux
- Hôtes principaux pour l'expression (bactéries + levures + cellules d'insectes + HEK-CHO)
- Description de procédés de production de protéines recombinantes thérapeutiques

  o Insuline, hormone de croissance
  o Les protéines conjugués cas des anticorps conjugués

2. **Modification chimique sélective des protéines** (8h)

- Modification des acides aminés naturels (Cys, Lys, Met)
- Incorporation d'acides aminés non naturels.
- Principe et exemples

Exemples d'applications : pegylation des protéines thérapeutiques, conjugaison de drogues ou de radioisotopes, etc.

3. **Biomimétisme** (6h)

- Polymères polypeptidiques pour biomatériaux : exemples des Elastin-like proteins et Silk-like proteins
- Exemples d'applications en « Drug-delivery » (antibiotiques, anticancéreux, SI-RNA et gene delivery)
- Exemples d'applications en médecine régénérative, tissue engineering, bioprinting

4. **Ingénierie métabolique** (12h)

- Introduction - Principes généraux
- Optimisation des voies métaboliques
- Description de procédés de synthèse
  o Synthèse d'artémisinine et d'hydrocortisone chez la levure
  o Synthèse de pinène (carburant de fusée) dans E. coli

5. **Catalyse enzymatique** (15h)

- Découverte et ingénierie d'enzymes pour les biotechnologies industrielles
  o Présentation des approches de découverte d'enzymes par analyse bioinformatique, et génomique ou métagénomique fonctionnelle.
  o Technologies d'ingénierie des protéines par des méthodes rationnelles, semi-rationnelles ou aléatoires.
  o Applications à l'optimisation d'enzymes ou la génération de nouvelles activités pour le développement de procédés enzymatiques ou chimio-enzymatiques, et la biologie de synthèse.
- Modification des enzymes : exemples d'application
  o Modifier par voie génétique une enzyme pour améliorer son fonctionnement qui ne serait pas optimal ou la rendre moins sensible au produit qui l'inhiberait (modification à priori ou mutagénèse aléatoire)
  o Notion d'enzymes bi-fonctionnelle, de complexes multifonctionnels (channeling)
- Les enzymes utilisées en catalyse de polymérisation : pour quelle réaction (oxydoréductase, lipases, …)
- Enzymes immobilisées

6. **Cycle de vie – futurs défis** (14h)

- Cycle de vie des produits : définition et illustration par un exemple

- Amélioration de la chaîne de valeur
- Défis scientifiques et technologiques (procédés)

7. **Propriété intellectuelle** (8h)

- Propriété intellectuelle et brevets

8. **Exemples d'application** (5h)

- Engineering of bioelectrocatalytic surfaces
- Les Biotechnologies pour une innovation durable en cosmétique

Evaluation module 1

Evaluation écrite sous forme d'une analyse d'un article scientifique (2h, documents autorisés, 2ème Session identique 1ère session, en septembre).

Module 2 : Vers une chimie durable (78h20 – 5 semaines)

1. **Chimie verte** (10h)

- Introduction - Principes généraux
- Milieux non usuels (eau, liquide ionique, fluides supercritiques, ...)
- Activation (microonde, mecanochimie, ...)
- Catalyse hétérogène

2. **Catalyse organique de polymérisation** (4h)

- Contexte : principes de l'organocatalyse et comparaison avec les catalyses métallique et enzymatique
- Principaux catalyseurs, principaux monomères et mécanismes associés
- Catalyse de polymérisation par des acides et « super-acides » organiques (au sens de Bronsted)
- Catalyse de polymérisation par des bases et « super-bases » organiques (au sens de Bronsted)
- Catalyse de polymérisation par des bases de Lewis (au sens de Bronsted)
- Catalyse duale de polymérisation : systèmes catalytiques mono- et bi-composants
- Catalyse coopérative duale associant composants organique et métallique
- Ingénierie macromoléculaire par catalyse organique de polymérisation : copolymères à blocs, polymères en étoile, macrocycles, etc.
- Perspectives d'applications et défis à relever

3. **Biomasses et bioraffinerie** (13h20)

- Cycle du carbone – enjeux – biomasse
  - o Problématiques, Biomasse (production – utilisation – diversités)
- Concept de bioraffinerie
  - o Définition du concept
  - o Biocarburants gazeux ou liquides
  - o Filière des oléagineux

  - o Filière des sucres
- Bioraffinerie cellulosique
  - o Paroi cellulaire, les extractibles, les procédés de déconstruction de la lignocellulose
- Les synthons de la bioraffinerie
  - o Synthons de base
  - o Dépolymérisation des polysaccharides
  - o Dépolymérisation de la lignine

4. **Chimie des produits naturels** (13h20)

- Produits Naturels
  - o Introduction
  - o Métabolites primaires et métabolites secondaires
  - o Différentes familles : (Kétides, Terpène, Phénols, Alkaloïdes)
- Biosynthèses des molécules naturelles
  - o PKSs et NRPs
  - o Synthèse des phénols, flavonoïdes, etc.
  - o Biosynthèse des Terpènes : (IPPs, MEV et MEP/DOXP)
  - o Alkaloïdes quinoliniques, indoliniques, Vinca, . . .
- Produits Naturels et Médicaments
- Généralité sur les molécules actives issues de plantes
- Extractions, identifications
- Qu'est-ce qu'un médicament ?
  - o Principes actifs et nom DCI
  - o Notion sur les brevets
- Notion de Med-Chem
  - o Notion de SAR (Structure-Activity Relationship)
  - o Hémisynthèse
- Exemples et histoires de quelques médicaments.

5. **Les polymères biosourcés** (10h40)

- Grandes classes de polymères synthétiques et méthodes d'obtention
- Définitions : Biopolymères – Polymères bio-sourcés – Polymères biodégradables
- Polymères bio-sourcés : les moteurs de leur développement
- Polymères bio-sourcés issus des polymères naturels (polymères artificiels)
- Bio-alternative aux polymères d'origine fossile
- Nouveaux polymères thermoplastiques bio-sourcés et leurs propriétés
- Matériaux réticulés biosourcés
- Données socio-économiques sur les polymères bio-sourcés

6. **Exemples d'application** (27h)

- Vers une chimie durable, challenges et opportunités
- Innovation procédés continus : pharmaceutical world of tomorrow, innovative tools and innovative way of working
- Le mariage réussi des plastiques et des enzymes

- Chimie verte et industrie : les ressources renouvelables comme sources d'innovation
- Valorisation de coproduits de l'amidon
- Une chimie au cœur du renouvelable
- Eco-conception chez Michelin
- Dosage d'enzymes avec la technologie Zymoptique

Evaluation module 2

Evaluation écrite sous forme d'une analyse d'un article scientifique (2h, documents autorisés, 2ème Session identique 1ère session, en septembre).

Projet (70h)

Objectifs

- Le Projet Industriel permet aux élèves de travailler sur un sujet d'actualité proposé par un industriel en lien avec la spécialisation. Cela implique de respecter les consignes données en répondant aux divers objectifs affichés par l'industriel. Le sujet peut être un sujet bibliographique et/ou de la veille technologique.
- Le travail réalisé doit utiliser la démarche de la conduite de projets dans l'industrie.
- Il est professionnalisant et peut éventuellement déboucher sur un stage dans l'entreprise commanditaire.

Contenu

- Les élèves travaillent par groupe mixte ENSTBB/ENSMAC de 3 à 5 personnes dont 1 chef de projet.
- Chaque groupe choisit un sujet.
- Chaque groupe de projet doit travailler en concertation avec l'entreprise commanditaire du projet et avec l'enseignant référent local (tuteur académique).

Modalités d'évaluation

- Ecrite (Rapport : 20 pages maximum, figures et références comprises, hors annexe ; à rendre une semaine avant la soutenance)
- Orale (Présentation : 30 min ; Discussion : 20-30 min devant un jury de 3-4 personnes dont un rapporteur, l'enseignant référent local du projet, le commanditaire industriel si possible et au moins un des responsables de la spécialisation)

Pas de 2ème session, report des évaluations

Rapport : 2 exemplaires sont demandés une semaine avant la soutenance (les dates seront précisées ultérieurement); un exemplaire, destiné au rapporteur, en format papier est à rendre à la scolarité de l'ENSTBB ou de l'ENSMAC (précisé ultérieurement) ; le deuxième peut être envoyé à votre référent local par version électronique s'il n'est pas confidentiel ou peut être rendu également à la scolarité sous format papier (à voir avec votre référent local).
ATTENTION : voir avec l'industriel pour la confidentialité (rapport/soutenance)

Soutenance : les soutenances du projet de recherche industriel auront lieu dans la dernière semaine du module de spécialisation (les dates seront précisées ultérieurement).

Grand oral

Objectifs

- Etre capable de sélectionner et d'analyser des données scientifiques de la littérature en rapport avec son sujet de stage de spécialisation
- Replacer ces données dans un contexte scientifique, stratégique, managérial et économique,

- Expliquer les problématiques du projet, en proposant une démarche scientifique et technique
- Défendre cette démarche en mobilisant et transférant ses connaissances scientifiques et techniques

Contenu

Sur la base du sujet de stage de spécialisation, il s'agit de remettre le sujet proposé dans différents contextes (managérial, économique, scientifique..), de discuter de sa validité scientifique et de proposer diverses stratégies pour atteindre les objectifs et de défendre à l'oral un plan d'action.
Les élèves présentent oralement leur sujet de stage à un jury composé de trois examinateurs minimum intervenants dans les différents modules. Il s'ensuit une discussion qui permet de couvrir/balayer l'ensemble des thématiques abordées au cours des enseignements de spécialisation. Des questions sur les cours suivis tout au long du cursus de l'élève peuvent aussi être posées.

Modalités d'évaluation

Orale (Présentation : 10 min ; Discussion : 15 min)
2ème session : oral (en septembre)

Responsables

- Lætitia Daury
- Audrey Llevot
- Patricia Costaglioli

Informations complémentaires

Spécialisation au choix

Bibliographie

Cours polycopiés des intervenants avec leur bibliographie

Modalités de contrôle des connaissances

Évaluation initiale / Session principale - Épreuves

Type d'évaluation	Nature de l'épreuve	Durée (en minutes)	Nombre d'épreuves	Coefficient de l'épreuve	Note éliminatoire de l'épreuve	Remarques
Contrôle Continu	Evaluation de compétences					

Seconde chance / Session de rattrapage - Épreuves

Type d'évaluation	Nature de l'épreuve	Durée (en minutes)	Nombre d'épreuves	Coefficient de l'épreuve	Note éliminatoire de l'épreuve	Remarques
Contrôle Continu	Evaluation de compétences					